

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.02.022

黄维安, 蒙毅, 魏小明, 等. 龟苓强化米线的研发[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(2): 158-165.

HUANG W A, MENG Y, WEI X M, et al. Research and development of guiling fortified rice noodles[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(2): 158-165.

龟苓强化米线的研发

黄维安¹, 蒙毅²✉, 魏小明¹, 陈磊¹, 黄坤英¹, 滕广¹

(1. 广西玉林巨安保健品有限公司, 广西 玉林 537001;

2. 广西玉林制药集团有限责任公司, 广西 玉林 537001)

摘要: 为了优选龟苓强化米线的原料配方和加工工艺, 采用 $L_9(3^4)$ 正交试验法, 以产品的烹煮品质、感官、复水率和加工效果等质量指标的综合评分为考察指标, 研究了粉料含水量、食用玉米淀粉用量、食材提取浓缩物用量和香料粉末用量 4 个因素, 对产品品质和加工效果的影响, 结果表明, 影响情况为: 粉料含水量>食用玉米淀粉用量>食材提取浓缩物用量>香料粉末用量, 优选较佳的配方和生产工艺为: 以大米粉为 100 kg 计, 混合时粉料含水量为 40%、食用玉米淀粉用量为 10 kg、食材提取浓缩物用量为 1.5 kg、香料粉末用量为 0.4 kg, 加工效果好、产品品质好。

关键词: 龟苓米线; 产品配方; 加工工艺; 正交试验法; 综合评分法

中图分类号: TS213.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7561(2021)02-0158-08

Research and Development of Guiling Fortified Rice Noodles

HUANG Wei-an¹, MENG Yi²✉, WEI Xiao-ming¹, CHEN Lei¹, HUANG Kun-ying¹, TENG Guang¹

(1. Guangxi Yulin Ju-an Health Products Co., Ltd., Yulin, Guangxi 537001, China;

2. Guangxi Yulin Pharmaceutical Group Co., Ltd., Yulin, Guangxi 537001, China)

Abstract: In order to optimize the raw material formula and processing technology of Guiling fortified rice noodle, $L_9(3^4)$ orthogonal test was used to study the effects of the four factors on product quality and processing efficiency including water content of flour, the amount of corn starch, the amount of concentrate extracted from food materials and the amount of spice powder, when the comprehensive score of cooking quality, sensory quality, rehydration rate and processing effect was take as the evaluation index. The results showed that the effect was as follows: water content of flour>amount of corn starch>amount of food material extract concentrate>amount of spice powder. The optimum formula was as follows: when the rice flour was 100 kg, the moisture content of the flour was 40%, the amount of edible corn starch was 10 kg, the amount of food material extract concentrate was 1.5 kg, and the amount of spice powder was 0.4 kg. Under these conditions, good processing effect and good product quality could be obtained.

Key words: guiling rice noodles; product formula; processing technology; orthogonal test; comprehensive scoring method

收稿日期: 2020-07-29

基金项目: 广西玉林市科学研究与技术开发计划项目(玉市科攻 201833005)

Supported by: Scientific Research and Technology Development Program of Yulin, Guangxi (Yushi Kegong No. 201833005)

作者简介: 黄维安, 男, 1963 年出生, 高级工程师, 研究方向为健康营养食品的研发与加工。

通讯作者: 蒙毅, 女, 1968 年出生, 高级工程师, 研究方向为健康营养食品的研发与加工。E-mail: 407822032@qq.com.

米线是我国南方地区的传统风味特色小吃之一,也是一种传统主食,深受群众普遍喜爱,有广阔的市场^[1]。传统的米线由于成分单一,营养不够全面,因此,也有在米粉条中添加氨基酸、维生素、矿物质及各种蔬菜、水果、薯类、杂粮等原料强化营养素,以达到日常食用养生营养的目的^[2-4],但添加药食同源的药材原料强化营养素的米线尚未见有报道。

龟性平,味甘、微咸,具有滋阴、补血、降火、补心肾、壮筋骨的功能,全身既可药用又可食用,是传统的滋补、强壮、养生品。现代研究表明龟含丰富的蛋白质、脂肪、糖类、矿物质等营养成分,也是水产动物胶原蛋白的优质来源,具极高的医用、食用和养生保健价值^[5-7]。海参含蛋白质、粘多糖、脂肪、维生素及微量元素等超过 50 种营养物质,不仅是一种佳肴,而且还是一种传统的滋补保健品,较适合开发养生保健食品^[8-10]。茯苓富含茯苓多糖,具有利水渗湿、健脾安神的作用,能够降血糖、抗衰老、增强免疫力。黄精具有养肺、补脾、补肾、益气的作用,也是传统的强壮滋补食品^[11-12]。

龟苓强化米线主要由龟、海参、茯苓、黄精等药食兼用的滋补原料,添加到大米粉、玉米淀

粉及芝麻、胡椒、小茴香等天然香料粉末按米粉条的生产工艺精制而成,适合于中老年人群日常养生保健食用。本文研究了龟苓强化米线的配方和加工工艺,以期获得较佳的研究结果,使产品具有较高的品质和营养价值,不仅有利于提高人们的生活质量、增强国民身体健康,而且添加米线家族新成员,满足市场新需求。

1 材料与方法

1.1 材料

龟:购自农贸市场;黄精、龙眼肉,茯苓、紫苏、橘皮、芝麻、胡椒、小茴香:购自玉林药材市场;海参粉:北海臻美达海洋生物制品有限公司;大米:益阳市友维米业有限公司;食用玉米淀粉:山东寿光巨能金玉米开发有限公司。

1.2 主要仪器与设备

米线生产线(YZ250型):玉林市益众米粉设备有限公司;电子天平(JJ224BC, 220 g/0.1 mg)、电子天平(T500, 500 g/0.1 g):常熟市双杰测试仪器厂;电热恒温干燥箱(WHL-25A):天津市泰斯特仪器有限公司;数显恒温水浴锅(DZKW-D型):北京市永光明医疗仪器有限公司。

1.3 龟苓强化米线加工工艺流程

食材提取浓缩物、香料粉末、玉米淀粉

↓

大米→清洗和浸泡(3 h)→磨粉(过 80 目筛)→混合→自熟挤条成型→冷却→剪断挂条→老化(水分在 35%~40%,温度 40~45 °C,保温 8~10 h)→松条→干燥(45~50 °C,水分降至 12%~14%)→包装→成品。

1.4 食材提取浓缩物的制备

根据动植物食材的特性和一般提取原则,取龟 5%、茯苓 5%、黄精 4%、龙眼肉 4%、淡竹叶 4%、紫苏 4%、橘皮 3%加水加热煮沸提取 2 次,每次加水量为食材总重量的 5 倍,沸后提取 2 h,合并提取液过 120 目筛,浓缩至相对密度为 1.26 g/mL(80 °C),测定水分含量,即得食材提取浓缩物,备用。

1.5 香料粉末的制备

取百合 2%、炒芝麻 1%、胡椒 0.5%、小茴香 0.5%粉碎后与海参粉 0.5%一起过 80 目筛后即得香料粉末,测定水分含量,备用。

1.6 烹煮品质的测定方法

1.6.1 最佳烹煮时间测定方法

取长约 20 mm 的米粉条数根($\Phi 1.2$ mm),在常温(25 °C)下,浸泡至复水率达到 50%±2%,将其捞出放入 200 mL 沸腾的蒸馏水内烹煮,保持水的微沸状态,每隔 30 s 取一根米粉,用小刀切开,观察其横截面有无白芯,米粉横截面中央无白芯为全熟,记录时间为最佳烹煮时间为白芯消失时间^[13]。

1.6.2 烹煮损失率测定方法

截取长约 10 cm 的样品 10 g 于(105±2) °C 烘干至恒重,测其干物质质量为 M(精确至

0.001 g), 然后在常温下用 100 mL 蒸馏水浸泡到复水率为 50%±2%, 用筷子将米粉夹出, 放入沸腾的 200 mL 蒸馏水中煮煮 2 min, 加冷水冷却并滤干, 再将其放入 (105±2) °C 恒温干燥箱中烘干至恒重, 测定干物质重量 M_1 (精确至 0.001 g)。按 (1) 式计算烹煮损失率^[13]。

$$\text{烹煮损失率} / \% = \frac{M - M_1}{M} \times 100 \quad (1)$$

1.6.3 断条率的测定方法

截取长 10 cm 的米粉条 30 根, 在常温下用 100 mL 蒸馏水浸泡到复水率为 50%±2%, 用筷子将米粉夹出, 放入沸腾的 200 mL 蒸馏水中煮煮 2 min, 滤去汤汁, 加冷水冷却并滤干, 倒入盘中, 记录最后长为 10 cm 以上的米粉条数 N , 按 (2) 式计算断条率^[13]。

$$\text{断条率} / \% = \frac{30 - N}{30} \times 100 \quad (2)$$

1.7 烹煮品质的评分标准和评价方法

根据烹煮时间、烹煮损失率和烹煮断条率的测定结果, 按表 1 的评分标准进行评分, 然后将各项得分相加即为烹煮品质的评价得分。

1.8 复水率的测定方法

控制水温为室温 (25 °C), 加水量为粉条重

量的 10 倍, 在相同条件下截取长约 5 cm 的粉条每 10 g 为一组, 取若干组, 分别置于烧杯中加水进行浸泡, 以 15 min 为间隔, 每隔 15 min 将一组粉条取出, 用滤纸吸干其表面的水分, 置于干燥烧杯中进行称重, 直至米粉重量为恒重, 按 (3) 式计算复水率^[13]。

$$\text{复水率} / \% = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100 \quad (3)$$

式中: M_0 为米粉复水前重量, g; M_1 为米粉复水后总重量, g。

1.9 感官评价标准和方法

感官评价方法参考文献^[13], 评价标准见表 2。

1.10 加工效果的评价标准和方法

加工效果评价方法参考文献^[14], 评价标准见表 3。

1.11 综合评分方法

龟苓强化米线品质的综合评定, 参照文献^[15]的方法略作修改。综合评分按 (4) 式计算。

$$\text{综合评分} = \lambda_1 \times \text{烹煮品质评分} + \lambda_2 \times \text{感官评分} + \lambda_3 \times \text{加工效果评分} + \lambda_4 \times \text{复水率} \quad (4)$$

其中 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 为权重系数, 取值分别为 0.4、0.3、0.2、0.1。

表 1 烹煮品质的评分标准

Table 1 Scoring criteria of cooking quality

项目	总分值/分	评分标准
烹煮时间	30	≤5 min, 30 分; 6~8 min, 20~29 分; 9~10 min, 10~19 分; >10 min, 0~9 分
烹煮损失率	40	≤1.0%, 40 分; 1.1%~1.5%, 20~39 分; 1.6%~2.0%, 10~29 分; >2.1%, 0~9 分
断条率	30	≤5.0%, 30 分; 5.1%~8.0%, 20~29 分; 8.1%~10.0%, 10~19 分; >10.1%, 0~9 分

表 2 米线感官评分标准

Table 2 The sensory evaluation criteria of dried rice noodles

项目	总分值	评分标准
色泽	10	浅棕色, 晶莹光亮 (7~10); 深棕色, 亮度一般 (4~6); 色发暗, 发灰, 无光泽 (0~3)
外观	10	光滑无气泡 (7~10); 较光滑气泡少 (4~6); 粗糙有裂痕、气泡较多 (0~3)
气味	5	浓郁 (4~5); 稍淡 (2~3); 有异味 (0~1)
杂质	5	无杂质 (4~5); 偶有黑点 (2~3); 黑点多 (0~1)
硬度	10	较好 (7~10); 稍软 (硬) (4~6); 过软 (硬) (0~3)
脆口性	10	好 (7~10); 一般 (4~6); 差 (1~2)
弹性	10	好 (7~10); 一般 (4~6); 差 (0~3)
粘性	10	不粘牙 (7~10); 稍粘牙 (4~6); 粘牙 (0~3)
爽滑性	10	明显 (7~10); 略有 (4~6); 口感粗糙, 不爽口 (0~3)
咀嚼性	10	耐咀嚼 (7~10); 咀嚼性较好 (4~6); 咀嚼性差 (0~3)
食味	10	有米香味, 食后令人愉悦 (7~10); 基本无味 (4~6); 有怪味或腥苦味 (0~3)

表 3 米粉丝加工效果评价标准
Table 3 The evaluation criteria of rice noodles processing effect

米粉丝状况	评分值
出丝容易、粗细均匀；易分散；表面光滑；无夹白	70~100
出丝较容易均匀；粉丝可分散；表面较光滑；略有夹白	30~69
出丝困难粗细不均匀；粘连严重，难以分散；表面粗糙；夹白多	10~29
尚能出丝但粗细严重不均匀；粘连或烂软极严重，难以分散；表面极粗糙；夹白多	0~9

1.12 单因素试验设计

固定龟苓强化米线中的大米(粉)为 100 kg, 混合时粉料含水量、食用玉米淀粉、食材提取浓缩物及香料粉末 4 个因素的用量, 每个因素设定 5 个梯度, 按米线加工工艺进行单因素试验制作米线, 考察其对米线的感官和烹煮损失率的影响, 以初步确定各因素的较佳用量范围。

1.13 正交试验设计

根据单因素试验确定的混合时粉料含水量(A)、食用玉米淀粉(B)、食材提取浓缩物(C)及香料粉末(D)4 个因素的较佳用量范围, 以综合评分为考察指标, 设计 $L_9(3^4)$ 正交试验优选龟苓强化米线的最佳配方和加工工艺。

2 结果与分析

2.1 混合粉料含水量对米线品质的影响

在大米粉为 100 kg、食用玉米淀粉用量为 10 kg、食材提取浓缩物用量为 1.5 kg、香料粉末用量为 0.4 kg 的条件下, 物料混合时加入适量饮用水使粉料总含水量为 30%、35%、40%、45%、48%, 按照工艺要求制作龟苓强化米线, 并进行感官和烹煮损失率评价。结果见图 1。

从图 1 可见, 随着混合粉料含水量的升高, 粉条烹煮损失率逐渐降低, 当含水量达到 40% 时, 又开始上升; 而粉条感官评分方面则是逐渐上升, 当含水量达到 40% 时, 又开始下降。这是因为混合粉料的水分过低, 粉料挤压时糊化和熟化不均匀, 挤出的粉条夹生, 且表面发白、粗糙, 经干燥后米线表面龟裂、易断条; 水分过高, 物料的流动性大, 挤压熟化时压力降低, 则温度不够而熟化不够, 米线就会色泽暗淡, 强度和韧度差,

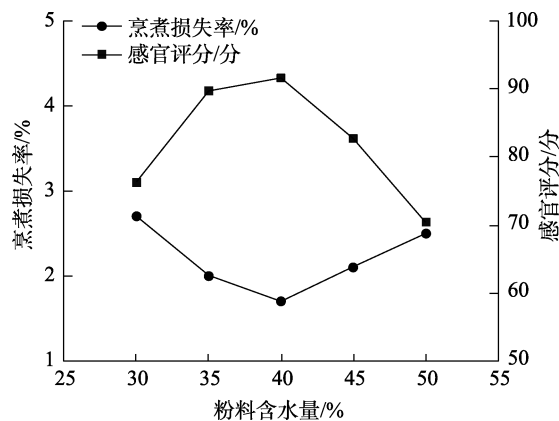


图 1 粉料含水量对米线品质的影响

Fig.1 Water content of flour on the quality of rice noodles

并出现夹生味道^[16], 同时由于含水量过高, 在制作过程中粘稠的原料会封存少量的空气, 而使粉丝内部出现大而圆的气泡空洞^[17], 也可能使粉条内部微小水珠干燥过程中过度膨胀, 干燥后粉条形成过大的气泡空洞, 粉条易碎断条, 因而感官评分低, 且烹煮损失率也高。因此, 初步确定物料混合时粉料含水量为 40% 比较合适。

2.2 玉米淀粉用量对米线品质的影响

在大米粉为 100 kg、食材提取浓缩物用量为 1.5 kg、香料粉末用量为 0.4 kg, 混合粉料总含水量为 40% 的条件下, 食用玉米淀粉用量为 5、8、10、15、20 kg, 按照工艺要求制作龟苓强化米线, 并进行感官和烹煮损失率评价。结果见图 2。

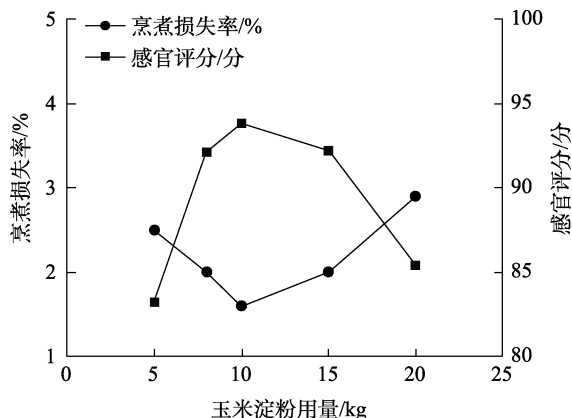


图 2 玉米淀粉用量对米线品质的影响

Fig.2 The effect of corn starch content on the quality of rice noodles

从图 2 可见, 随着玉米淀粉用量的增加, 粉条感官评分逐渐提高, 当用量达到 10 kg 时评分最高, 然后又有所下降; 而粉条烹煮损失率则随着玉米淀粉用量的增加而逐渐下降, 当用量达到

10 kg 时,其烹煮损失率又有所升高,说明玉米淀粉的用量对粉条的制作和品质并非越大越好。其原因是由于玉米淀粉具有很好的吸水能力,从而增加了大米粉末的吸水能力,降低了糊化温度,使在挤压或者老化过程中的糊化作用更彻底,同时使米线内部具有更加紧密的结构,抑制了米线中的淀粉流失,而使米粉条烹煮损失率降低;另外,玉米淀粉本身就具有相比传统淀粉较低的糊化温度,它的加入,必然使米粉的结构更紧密,也使米粉条的烹煮损失率降低;同时玉米淀粉是高纯度的淀粉,能够增加大米粉的凝胶性能,该胶体具有十分光滑的表面,沉积在米线的表面,使米线的硬度、咀嚼度和柔韧性增大;更重要的是玉米淀粉中的淀粉成分,含有较高比例的直链淀粉,增加了大米粉的直链淀粉含量,而直链淀粉是影响米线品质的重要因素,其含量越高使米线内部的淀粉凝胶回生值越小,回生速率越快,米线凝胶强度越大,制作出来的米线具有十分紧密的结构,质地较硬,从而有助于减少烹煮损失;但随着玉米淀粉用量的增加,相对降低了大米粉中的蛋白质含量,弱化了米线致密的网络结构,因此,米线的硬度和咀嚼性又略有降低,从而降低了米线的品质^[18-20]。因此,初步确定玉米淀粉用量为 10 kg 比较合适。

2.3 提取浓缩物用量对米线品质的影响

在大米粉为 100 kg、食用玉米淀粉用量为 10 kg、香料粉末用量为 0.4 kg、混合粉料含水量为 40% 的条件下,食材提取浓缩物用量为 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 kg,按照工艺要求制作龟苓强化米线,并进行感官和烹煮损失率评价。结果见图 3。

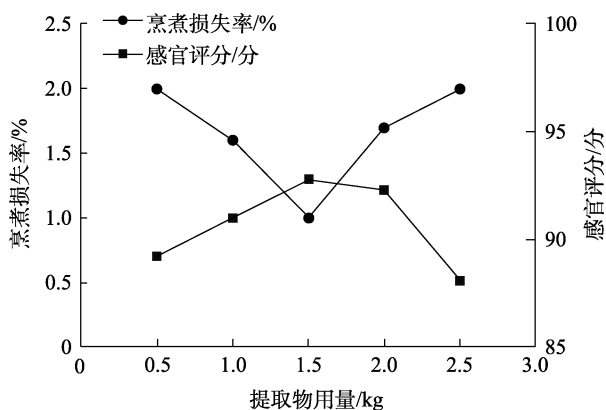


图 3 提取物用量对米线品质的影响

Fig.3 Amount of extract on the quality of rice noodles

从图 3 可见,随着食材提取浓缩物用量的增加,米线感官评分逐渐提高,当用量达到 1.5 kg 时评分最高,然后又有所下降;而米线的烹煮损失率逐渐下降,用量达到 1.5 kg 时,达到最低,然后又随着用量的增加,烹煮损失率又逐渐上升。这可能是因为提取物含有较丰富的蛋白质,而蛋白质对大米淀粉糊化特性有较大影响,从而影响米线的品质,随着其用量的增加,混合粉料的蛋白质含量也随之增加,蛋白质含量越高,大米淀粉糊化过程中,蛋白质在淀粉颗粒中就填充得越多且越紧密,蛋白质与淀粉相互作用形成的网络结构也越紧密,从而抑制淀粉颗粒的膨胀溶出,降低米线烹煮损失率,但是蛋白质含量过高,又会使大米淀粉糊化温度增高,使大米淀粉难以糊化,凝胶品质下降而使米线品质降低;同时蛋白质含量与米线的口感、硬度、粘性、咀嚼性、感官评分呈显著正相关,与弹韧性呈显著负相关^[21-23]。而且由于食材提取物色泽较深,随着用量的增加而使米线色泽逐渐加深,过量添加会使粉条色泽灰暗,从而使其感官评分值降低。因此,初步确定食材提取物用量为 1.5 kg 比较合适。

2.4 香料粉末用量对米线品质的影响

在大米粉为 100 kg、食用玉米淀粉用量为 10 kg、食材提取浓缩物用量为 1.5 kg、混合粉料含水量为 40% 的条件下,香料粉末用量为 0.2、0.3、0.4、0.5、0.6 kg,按照工艺要求制作龟苓强化米线,并进行感官和烹煮损失率评价。结果见图 4。

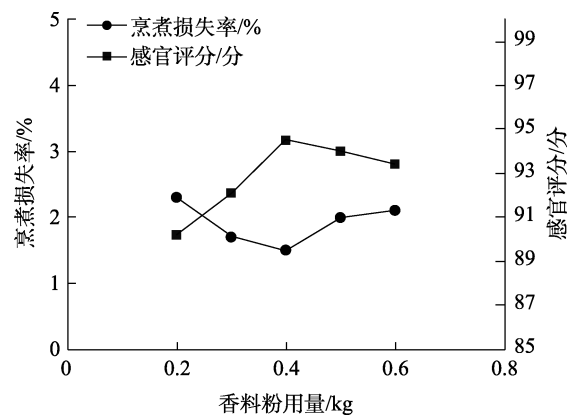


图 4 香料粉用量对米线品质的影响

Fig.4 Amount of spicer powder on the quality of rice noodles

从图 4 可见,随着香料粉末用量的增加,米线的烹煮损失率逐渐下降,用量达到 0.4 kg 时,

达到最低, 然后又随着用量的增加, 烹煮损失率又逐渐上升。而米线感官评分逐步提高, 当用量达到 0.4 kg 时评分最高, 然后又有所下降。这可能是因为香料粉末含有较丰富的蛋白质, 而蛋白质对大米淀粉糊化特性有较大影响, 从而影响米线的品质, 随着其用量的增加, 混合粉料的蛋白质含量也随之增加, 蛋白质含量越高, 大米淀粉糊化过程中, 蛋白质在淀粉颗粒中就填充得越多且越紧密, 蛋白质与淀粉相互作用形成的网络结构也越紧密, 从而抑制淀粉颗粒的膨胀溶出, 降低米线烹煮损失率, 但是蛋白质含量过高, 又会使大米淀粉糊化温度增高, 使大米淀粉难以糊化, 凝胶品质下降而使米线品质降低; 同时蛋白质含量与米线的口感、硬度、粘性、咀嚼性、感官评分呈显著正相关, 与弹韧性呈显著负相关^[22-24]。

而且香料粉末能使米线有较好气味和食味, 但过量添加可能会过度超出配方量范围, 增加成本。因此, 初步确定香料粉末用量为 0.4 kg 比较合适。

2.5 正交试验优选产品配方组成和加工工艺

为了进一步优化龟苓强化米线的配方和加工工艺, 在单因素试验结果的基础上, 设计了表 4 因素水平表, 并按 $L_9(3^4)$ 表安排正交试验, 试验结果见表 5, 方差分析结果见表 6。

从表 5 的 R 值及表 6 的方差分析来看, 对龟苓强化米线最佳配方和加工工艺的综合影响情况为: 混合时粉料含水量 (A) > 食用玉米淀粉用量 (B) > 食材提取浓缩物用量 (C) > 香料粉末用量 (D)。主要影响因素是混合时粉料含水量 (A) ($P < 0.05$), 根据 k 值, 最佳条件为 A_2 ; 其次是食用玉米淀粉用量 (B) ($P < 0.10$), 根据 k 值, 最优

表 4 正交设计因素水平表
Table 4 Coded levels for factors used in orthogonal test

水平	因素			
	粉料含水量/% (A)	玉米淀粉用量/kg (B)	食材提取物用量/kg (C)	香料粉用量/kg (D)
1	35	8	1.0	0.3
2	40	10	1.5	0.4
3	45	15	2.0	0.5

表 5 $L_9(3^4)$ 正交试验结果与极差分析
Table 5 Experimental results of $L_9(3^4)$ orthogonal test and range analysis

试验号	因素				评分/分				
	A	B	C	D	烹饪品质	感官	加工效果	复水率	综合评分
1	1	1	1	1	81.8	88.5	78.0	73.4	82.2
2	1	2	2	2	85.3	90.1	79.6	78.3	84.9
3	1	3	3	3	80.5	80.7	81.5	80.8	81.8
4	2	1	2	3	90.4	92.6	94.0	79.4	90.7
5	2	2	3	1	91.4	94.6	94.3	79.8	91.8
6	2	3	1	2	94.3	93.7	94.3	81.4	86.5
7	3	1	3	2	81.4	81.3	85.2	79.0	81.9
8	3	2	1	3	79.2	83.5	90.1	79.5	82.7
9	3	3	2	1	81.7	81.6	83.3	78.9	81.7
K_1	248.9	254.8	251.4	255.7					
K_2	269.0	259.4	257.3	253.3					
K_3	246.3	250.0	255.5	255.2					
R	22.7	9.4	5.9	2.4					
K_1^2	61 951.21	64 923.04	63 201.96	65 382.49					
K_2^2	72 361.00	67 288.36	66 203.29	64 160.89					
K_3^2	60 663.69	62 500.00	65 280.25	65 127.04					
R_j	194 975.90	194 711.40	194 685.50	194 670.42					
$R_j/3$	64 991.97	64 903.80	64 895.17	64 890.14					
S_j	102.90	14.73	6.10	1.07					

$$G = \sum_{i=1}^9 Y_i = 764.2$$

$$G^2 = 584\ 001.64$$

$$CT = G^2/9 = 64\ 889.07$$

表 6 正交设计方差分析表

Table 6 Analysis of variance for the experimental results of orthogonal test

方差来源	离差平方和	自由度	均方和	F 值	显著性
A	$S_A = S_1 = 102.90$	2	51.45	95.28	**
B	$S_B = S_2 = 14.73$	2	7.37	13.64	*
C	$S_C = S_3 = 6.10$	2	3.05	5.65	
D	$S_D = S_4 = 1.07$	2	0.54	1.00	
误差 S_e	$S_e = S_D = 1.07$	2	0.54		

$$F_{1-0.10}(2,2) = 9.0 \quad F_{1-0.05}(2,2) = 19.0 \quad F_{1-0.01}(2,2) = 99.0$$

注: **差异极显著 ($P < 0.05$); *差异显著 ($P < 0.10$)。

取 B_2 ; 次要因素是食材提取浓缩物用量 (C) 及香料粉末用量 (D), 根据 k 值及生产实际情况、降低成本和保证营养作用的综合考虑, 取 C_2 和 D_2 。因此最优的搭配方案为 $A_2B_2C_2D_2$, 即较佳的龟苓强化米线的配方和生产工艺为: 以大米粉 100 kg 计, 混合时粉料含水量为 40%、食用玉米淀粉用量为 10 kg、食材提取浓缩物用量为 1.5 kg、香料粉末用量为 0.4 kg。

按上述优化方案进行 3 次验证试验, 产品质量评分结果见表 7, 平均综合评分为 92.8 分, 略高于正交表中 9 个试验结果中的最高评分, 而且各试验的综合评分也相近, 说明龟苓强化米线最佳配方和加工工艺是合理、可靠、稳定的, 具有良好的可操作性和质量稳定性及可控性。

表 7 试验结果的验证

Table 7 Validation of the optimized conditions 分

试验号	评分				
	烹煮品质	感官	加工效果	复水率	综合评分
1	94.0	94.3	94.0	80.6	92.7
2	93.9	94.6	94.2	81.0	92.9
3	94.2	94.2	93.9	81.2	92.8
平均值	94.0	94.4	94.0	80.9	92.8

3 结论

强化食品的配方及加工工艺是影响其营养价值和产品质量的重要因素, 本研究以产品的烹煮品质、感官、复水率和加工效果等质量指标的综合评分为考察指标, 经 $L_9(3^4)$ 正交试验和数理统计分析, 获得了较佳的龟苓强化米线的配方和加工工艺, 即较佳的配方和加工工艺为: 以大米粉为 100 kg 计, 混合时粉料含水量为 40%、食用玉米淀粉用量为 10 kg、食材提取浓缩物用量为 1.5 kg、香料粉末用量为 0.4 kg, 加工性能好, 加

工出来的产品感官品质、烹煮品质、复水性能等质量也较好, 产品色香味形俱佳, 口感良好, 改进了传统米线食品, 丰富和强化了米线的营养。

参考文献:

- [1] 林叶新, 林润国. 我国南方传统食品—米粉质量安全管理的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(8): 3077-3082.
LIN Y X, LIN R G. Research progress on the quality and safety management of rice noodles a kind of traditional food in Southern China[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2016, 7(8): 3077-3082.
- [2] 马倩, 滕建文, 兰晓光. 米粉营养强化可行性的探讨[J]. 食品科技, 2008(6): 118-120.
MA Q, TENG J W, LAN X G. Study on the feasibility of rice noodles nutrition intensify[J]. Food Science and Technology, 2008(6): 118-120.
- [3] 刘鑫, 陈杰, 孟岳成, 等. 干燥型方便米线品质影响因素及其营养强化研究进展[J]. 食品科学, 2011, 32(3): 296-300.
LIU X, CHEN J, MENG Y C, et al. Research progress in quality factors and nutrition fortification of dry-type instant rice noodles[J]. Food Science, 2011, 32(3): 296-300.
- [4] 湛珍, 胡宏海, 崔桂友, 等. 马铃薯米粉营养成分分析及食用品质评价[J]. 食品工业, 2016, 37(10): 55-60.
SHEN Z, HU H H, CUI G Y, et al. Analysis of nutritritional components and evaluation of edible quality of potato rice noodles[J]. The Food Industry, 2016, 37(10): 55-60.
- [5] 杨文鸽, 徐大伦, 李花霞, 等. 乌龟肌肉营养价值的评定[J]. 水产科学, 2004, 23(3): 33-35.
YANG W G, XU D L, LI H X, et al. Evaluation of nutritional components of chinemys reevesii muscle in ponds[J]. Fisheries Science, 2004, 23(3): 33-35.
- [6] 朱新平, 陈永乐, 刘毅辉, 等. 黄喉拟水龟含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 湛江海洋大学学报, 2005, 25(3): 4-7.
ZHU X P, CHEN Y L, LIU Y H, et al. Analysis of muscle nutrients and muscle contents of yellow pond turtle[J]. Journal of Zhanjiang Ocean University, 2005, 25(3): 4-7.
- [7] 贺刚, 何力, 文平, 等. 中华花龟(♂)、乌龟(♀)及其杂种 F_1 代肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 江西水产科技, 2017(2): 11-16.
HE G, HE L, WEN P, et al. F_1 Generation mustle nutrition

- analysis and quality evaluation of *ocadia sinensis* (♂), *chincmys reevesii* (♀) and other crossbreed[J]. *Jiangxi Fishery Science and Technology*, 2017(2): 11-16.
- [8] 王远红, 王聪, 郭丽萍, 等. 海参科(Holothuriidae)中4种海参的营养成分分析[J]. *中国海洋大学学报*, 2010, 40(7): 111-114. WANG Y H, WANG C, GUO L P, et al. Analysis of the nutritional components in four kinds of holothuroidea[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2010, 40(7): 111-114.
- [9] 赵玲, 马红伟, 曹荣, 等. 10种海参营养成分分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2016, 7(7): 2867-2872. ZHAO L, MA H W, CAO R, et al. Analysis of nutritional components in 10 kinds of sea cucumbers[J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2016, 7(7): 2867-2872.
- [10] 井君, 陈山乔, 郭锐华, 等. 美洲不同品种海参营养成分的比较分析[J]. *中国海洋药物*, 2017, 36(6): 60-66. JING J, CHEN S Q, GUO R H, et al. Comparative analysis of nutrients in different American varieties of sea cucumber[J]. *Chinese Journal Of Marine Drugs*, 2017, 36(6): 60-66.
- [11] 叶显纯, 金岚, 吴燕芳. 中国传统补品补药[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1991. YE X C, JIN L, WU Y F. *Chinese traditional tonic and tonic*[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Literature Press, 1991.
- [12] 凌关庭. 保健食品原料手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002. LING G T. *Handbook of health food ingredients*[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002.
- [13] 刘嘉, 吕都, 唐健波, 等. 马铃薯米粉与纯米粉品质的分析比较[J]. *现代食品科技*, 2018, 34(1): 45-51. LIU J, LV D, TANG J B, et al. Comparison of quality of potato rice noodles with rice noodles[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2018, 34(1): 45-51.
- [14] 王永辉, 张业辉, 张名位, 等. 不同水稻品种大米直链淀粉含量对加工米粉品质的影响[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(1): 109-120. WANG Y H, ZHANG Y H, ZHANG M W, et al. Effect of amylose content of different rice varieties on the qualities of rice vermicelli[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46(1): 109-120.
- [15] 申丽媛, 尹恣强, 吴婷婷, 等. 杂粮面条工艺配方的优化[J]. *粮食与油脂*, 2019, 32(6): 53-56. SHEN L Y, YIN M Q, WU T T, et al. Formula optimization of coarse cereal noodle[J]. *Cereals & Oils*, 2019, 32(6): 53-56.
- [16] 冀智勇, 吴荣书, 刘智梅. 影响方便米线复水性及常见问题的若干因素研究[J]. *粮油加工与食品机械*, 2005(1): 75-77. GONG Z Y, WU R S, LIU Z M, et al. Study on the factors affecting the rehydration and common problems of instant rice noodles[J]. *Cereals and oils processing and food machinery*, 2005(1): 75-77.
- [17] 唐汉军, 李林静, 朱伟. 螺杆挤压工艺对米粉品质的改良作用[J]. *食品与机械*, 2015, 31(5): 239-242. TANG H J, LI L J, ZHU W. Improvement on quality of rice noodles by screw extrusion technology[J]. *Food & Machinery*, 2015, 31(5): 239-242.
- [18] 卫萍, 游向荣, 张雅媛, 等. 添加淀粉对马铃薯米粉品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(11): 79-84. WEI P, YOU X R, ZHANG Y Y, et al. Influences of adding starch on potato rice noodle quality[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(11): 79-84.
- [19] JEONG S, KIM Y, KO S, et al. Physicochemical characterization and in-vitro digestibility of extruded rice noodles with different amylose contents based on rheological approaches[J]. *Journal of Cereal Science*, 2016(71): 258-263.
- [20] HAN H M, CHO J H, KOH B K. Processing properties of Korean rice varieties in relation to rice noodle quality[J]. *Food Science Biotechnol*, 2011, 20(5): 1277-1282.
- [21] TEERARAT L, PARICHAT H. Effect of storage proteins on pasting properties and microstructure of Thai rice[J]. *Food Research International*, 2010, 43: 1402-1409.
- [22] 刘桃英, 刘成梅, 付桂明, 等. 大米蛋白对大米粉糊化性质的影响[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(2): 97-103. LIU T Y, LIU C M, FU G M, et al. Influence of rice protein in rice flour on pasting properties[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2013, 34(2): 97-103.
- [23] 贺萍, 陈竞适, 张喻, 等. 大米蛋白质和脂肪含量对鲜湿米粉品质的影响[J]. *湖南农业科学*, 2017(1): 73-76. HE P, CHEN J S, ZHANG Y, et al. Effects of rice protein and fat content on quality of fresh rice noodles[J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2017(1): 73-76. 完